# 千原光雄*: 本邦暖海産緑藻類の生活史に関する研究 (9) タマゴバロニアの生活史についての追報**

# Mitsuo CHIHARA*: Studies on the life-history of the green algae in the warm seas around Japan (9) Supplementary note on the life-history of *Valonia macrophysa* Kütz.**

先に筆者 (1953) は伊豆須崎に生育するタマゴバロニア *Valonia macrophysa* Kütz. について，周年観察と培養実験による研究を行つた結果，成熟時期は初夏にかぎられていること，その期間に 100 以上の藻体から放出された游走細胞のいずれもが 4 鞭毛の無性的なものであつたことから考えて，伊豆須崎産のタマゴバロニアは無性的な繁殖のみにより世代を繰り返しているのではなかろうかと推論した。処が引続いて継続観察を行つているうちに，1954 年 5 月 27 日採集した 7 個の成熟個体から 2 本の鞭毛をもつ配偶子的游走細胞の放出が見られた。そこで特に冬から，藻体の完全に消失する夏までを毎年詳細に調べた処，配偶子は游走子形成に先立つこと常に 1–2 潮早く，而も極めて短時日の間に形成，放出される事実を確認し得た。更に游走子に起源する発育体を海中で培養することにより，ほぼ前述の時期において配偶子を得ることに成功した。

上述の事柄から判断して，筆者は先に述べたタマゴバロニアの生活環についての考察を一部修正すると共に，同一地域に生育する *Valonia* で初めて実証された無性及び有性生殖並びに発芽についての報告をなしたい。

## 材料と方法

材料は前報 (1953) と同様に伊豆須崎に生育するもの。須崎のタマゴバロニアは低潮線付近から漸深帯にかけて，かなりの群落を作つて生育しており材料の採集には困難を感じない。実験の方法の殆どは前報と同じである。尚後述する。

## 実験と観察

**藻体の季節的消長**は前報 (1953) で詳しく述べた。即ち秋—冬の藻体は小形で，例えば 12 月初旬の嚢状体は 0.2–0.5×0.7–1.5 cm を示すが，後に成長して 2 月初旬 0.5–0.7×1.5–2.5 cm となる。 5 月の藻体は最大で 1.0–1.3×2.5–3.5 cm の値を示す

---

[*] 東京教育大学臨海実験所・静岡県下田町, Shimoda Mar. Biol. Sta., Tokyo Univ. of Education, Shimoda, Shizuoka Pref.

[**] 下田臨海実験所業績 113 号

(Fig. 1)。1954 年—1958 年にかけて配偶子及び游走子を観察し得た月日から判断すると，配偶子形成は游走子のそれより 1—2 潮の周期で早く，一般には 5 月下旬 —6 月上旬の短期間に局限されている。游走子形成は前報のように 6 月上旬 —7 月上旬が普通である。これらの現象は主に海水温と関係があるらしく，年により多少の差がある。いずれにしても盛夏—初秋は，この植物の生殖が holocarpic であるため，藻体は殆ど目につかなくなる。

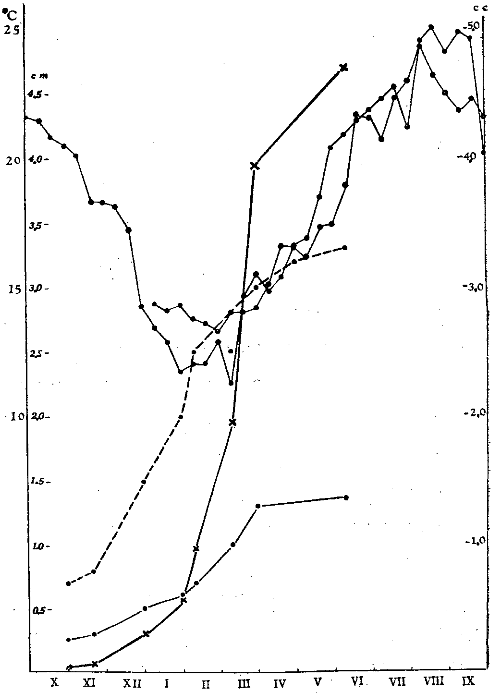


Fig. 1. Correlation between growth of *Valonia macrophysa* aad sea water temperature. ——●—— shows the sea water temperature (1957 and 1958) at Nabeta, Shimoda. ——●——, ----●---- and ——×—— show the diameter (2r), the height (h), and the volume (πr²h) of the vesicle, respectively.

### ○配偶子の形成，放出，接合及び発芽

嚢状の栄養細胞に配偶子の形成される様子は，先に筆者が報じた游走子の場合と全く似ている。最初細胞質の周辺に埋在している葉緑体は色調が濃くなり，ピレノイド，核等の内容物とともに絡み合うようにして細胞壁の内側に沿って網目模様を形成する (Fig. 5, A.–C)。網の糸に相当する部分は初め太く，輪廓も明瞭でないが，熟期が進むにつれて，糸の部分は細くなり，輪廓は明瞭となる。尚この網目模様は既に Kuckuck (1907) が地中海産の *V. macrophysa* で気づいたように，嚢状体の頂部 (Fig. 5. A. C) と側部 (Fig. 5. B) では少し違う。又網目模様の色調は游走子の場合と比較して黄化の度合がやや少い。更に熟期が近づくと網の糸に相当する部分に配偶子が明瞭に認められる (Fig. 5. C)。まもなく配偶子はうごめき運動を行い，後に胞嚢内を活潑に游泳し，胞嚢の膜壁に形成された放出孔から外部へ游出する。尚配偶子形成能力は小形のレンズ状細胞を除く胞嚢はすべて有している。このことは游走子の場合と同様である。又配偶子の形成は一般に大潮時に行われ，放出は朝である。この点も游走子の場合と一致する。

配偶子の形態は游走子 (Fig. 5, F.–I) のそれと似ているが，より小形で 12.5−15.0×6.0−7.5 $\mu$, 鞭毛は 2 本である (Fig. 2, A., Fig. 5, D. E.)。体内の葉緑体やピレノイドも游走子より小さく，色調もやや淡い。眼点 1 個をもち，正の走光性を示す。接合現象は胞嚢内では見られない。又同一胞嚢から游出した配偶子間でも見られない。しかし幾つかの個体に起源する配偶子間の交配実験では接合現象を観察することができる (Fig. 2, B)。接合子は弱い負の走光性を示し，基質に着生すると鞭毛を失い，球形とな

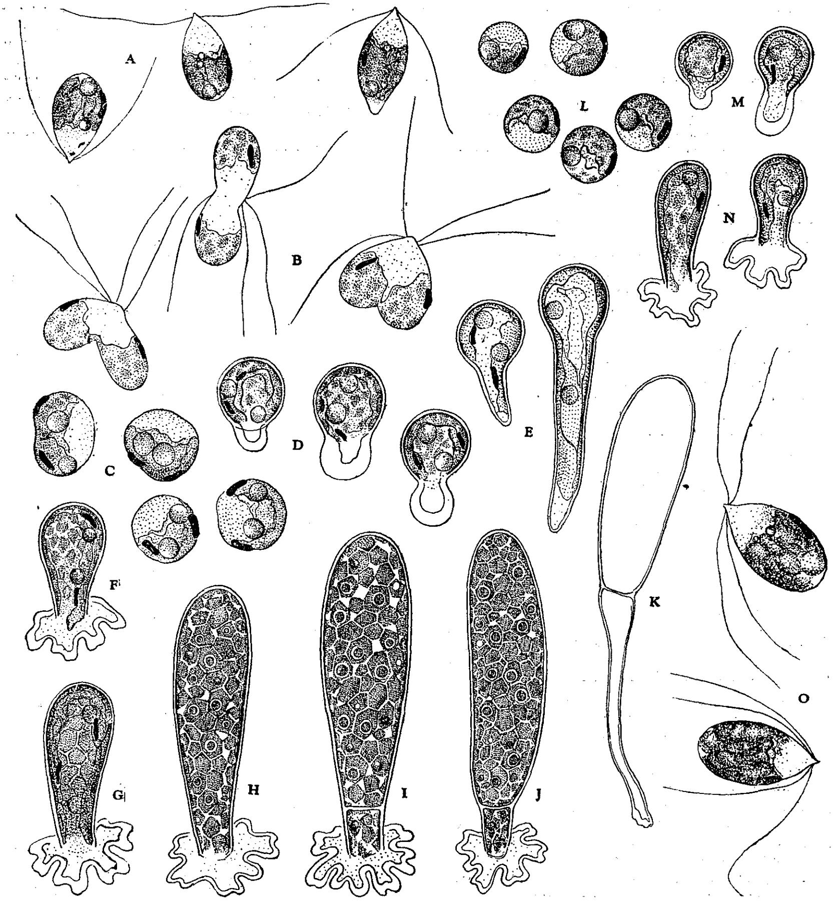
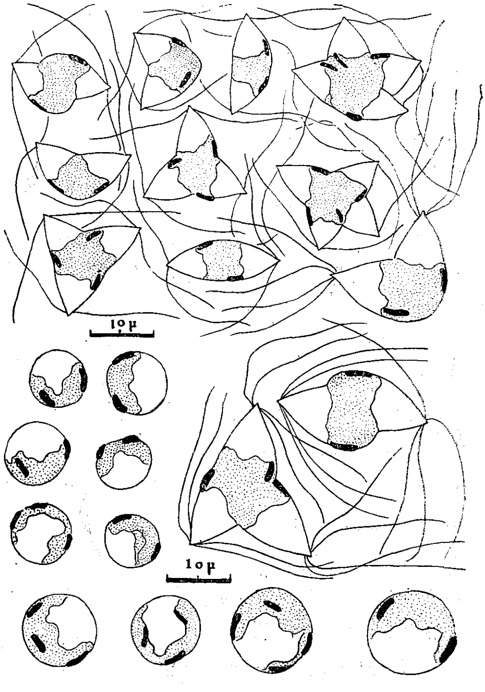


Fig. 2. *Valonia macrophysa*. A. Gametes. B. Conjugation of gametes. C. Zygotes. D. —J. Development of the zygotes. K. Germling bearing filamentous rhizoid. L. -N- Parthenogenetic development of gametes. O. Zoospores (A. —G. L. —N- O.×960, H.×480, I. —J. K.×400)

る。接合子には 2 眼点が明瞭に認められる (Fig. 2, C)。後に周囲に細胞膜を形成し，発芽を開始する。接合子の発芽，生長の過程等は Fig. 2 及び Fig. 5 のようで，先に報告した游走子の場合と殆ど同じであるので詳しくは省略する。尚 ＋，－ 配偶子共に単為発芽能力をもつている。それらの発芽様式は接合子及び游走子の場合と殆ど同じである (Fig. 2, L.-N.)

**○異常な游走細胞**

成熟の適期までに 1–2 潮早いと予想される藻体を採集し，培養液を満した丸型平底シャーレ (15×4cm) で室内培養を行つた処，形態や行動の頗る異つた游走細胞を得た。数回の実験により，この現象は配偶子及び游走子の場合共に存在することを知つた。尚培養には直射日光を避け，又培養液にはシュライバー液を使用した。これらの游走細胞は Fig. 3. に示したもので，一見接合中のようである。游泳運動は不規則で顕著な走光性を認めない。これらは胞嚢内で游泳中のものにも，又同一胞嚢から游出したものにも存在することから，初め筆者はタマゴバロニアは雌雄同株であろうと考えた。尚このような游走細胞を形成する胞嚢内には正常と思われる配偶子及び游走子は少いか，又は殆ど存在しない。そこで生殖細胞形成時に出現する網目模様の部分を注意して観察した処網の糸に相当する部分には，完全に分割が完了して 1 個の游走細胞となつたものから，2, 3, 4 個或はそれ以上の数の游走細胞が互に体の後部で癒合したままの段階までが連続して観察され，而もそれらの中には既に完成された鞭毛によりうごめいているものも確認された。この事実から筆者は，これらの游走細胞は環境条件の不良に起因する異常胞子と考えるに到つた。因みにこの現象は天然で充分成熟した藻体或は流水中で培養した成熟個体では見られない。尚興味あることに同様な現象がヒトエグサ，フトジュ



Ffg. 3. *Valonia macrophysa.* Abnormal swarmers, produced under unfavourable condition.

ズモ，チャシオグサ及びアミモヨウなどでも観察された。

### ○培養による生活環の実証

Somatic phase (Drew, 1955) を明らかにする目的で游走細胞の発芽体を培養して世代を繰り返させることに努力を払つた結果，次に述べるように，海中で行つた培養で，ある程度の結果を得ることに成功した。尚室内培養では成功するまでに到らない。

方法 ① 実験室内で常法によりスライドグラス，すりガラスプレート，貝殻等に胞子付けし，2—5 日間室内培養後海中に移して培養続行する。② 游走子を放出しつつある藻体を網に入れ，ガラスブイに取付けて海中に垂下させ，ガラスブイ，シュロ縄，針金等へ胞子付けする。この際の着生胞子の量的測定は同時に垂下したガラスプレートを調査することにより推定した。尚培養はタマゴバロニアの生育の知られていない下田町鍋田湾（巾約 100m，奥行約 200m）のほぼ中央部で行つた。このような海中培養は 1952–1958 年にかけて毎年実施したが，ここでは成功例として 1957–1958 年の結果を報告する。

1957 年 6 月 26 日，方法 ② に従つて游走子を胞子付けして培養。初期発育様式は室内培養の場合と同様であるが，発育速度は著しく速い。微視的観察用として胞子付けしたガラスプレートでは，発育体が波により剝離されるもの，珪藻類，苔虫類，その他の小動物により被覆されるものなどが多く，一般には 9 月下旬頃までに観察不可能となる場合が多い。しかしこの時期になると，ガラスブイ，シュロ縄，針金上の発育体は既に巨視的となる。9 月下旬の観察では 2—3×5—7 mm の胞嚢が最大であつた。発芽体は胞嚢の基部から多数の小胞嚢を萠出させるが，初期においてそれらは密に接しているので表面観石垣状を呈する。やがて胞嚢は上部の肩の部分に将来胞嚢となるレンズ状細胞を形成する。これらは上方へ伸長すると同時に下部が下方へ伸長するものもあり，結局藻体は側面観柵状を呈する。発育体の胞嚢の多くは翌年 3 月 15 日測定では 4—7×12—17 mm を示し，5 月 12 日には 5—10×15—25 mm で，完全な成体となつた。6 月 2 日の観察によるとそれらのうち 5 胞嚢は成熟して網目模様を呈していた。室内実験により翌 3 日朝 2 胞

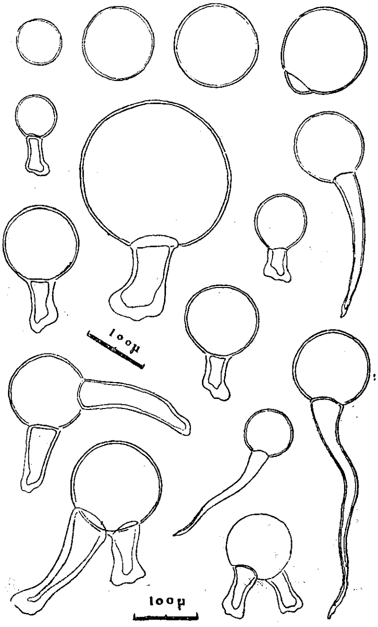


Fig. 4. *Valonia ventricosa* Sporelings of the splanospores produced within the vesicle.

嚢から，続いて 4 日朝 3 胞嚢から夫々 2 鞭毛の配偶子の放出を見た。尚これら配偶子の接合及びその他の胞嚢における生殖器官形成についての観察は失敗した。

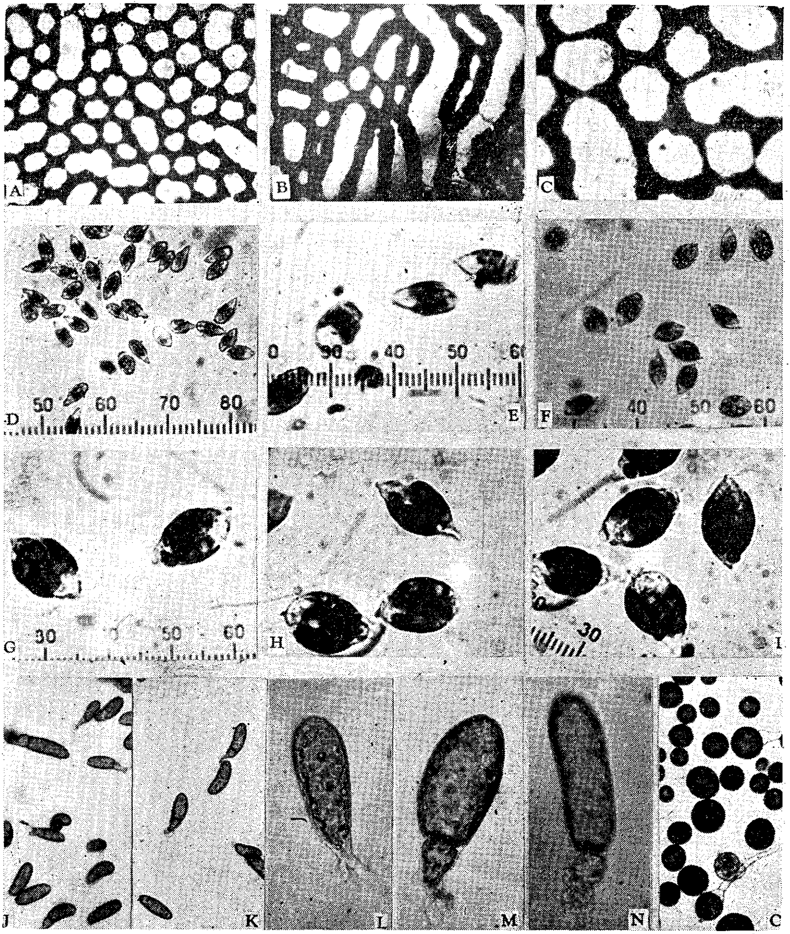


Fig. 5. A. —N. *Valonia macrophysa*. A. —C. The network formed within a vesicle when zooid-formation takes place. (A. The summit of a vesicle. B. The lateral of a vesicle. C. More enlarged figure of A.) D. E. Gametes F. —I. Zoospores. J. —N. Development of the zygotes. O. Aplanospores of *Valonia ventricosa*. (A. B. ×20, C. ×50, D. F. ×275, E. G. -I. ×700, J. —K. ×75, L, —M. ×300, 0×35).

## 考察

*V. utricularis* で Famintzin (1860) は 2 本の鞭毛をもつ游走細胞を観察し，又地中海の *V. macrophysa* で Kuckuck (1907) は 4 鞭毛の游走細胞を見た。それらはいずれも接合することなく発芽したという。Blinks (1938) によると Bermuda の *V. macrophysa* は夏にのみ成熟して，2 鞭毛の游走細胞を形成するという。Schechner-Fries (1934) は地中海の *V. utricularis* について細胞学的研究を行つたが，彼女によると，その植物の生殖器官形成の際の核分裂に 2 型があり，1 は減数分裂で配偶子形成の際に起り，他は普通核分裂で游走子が作られるという。この結果作られる游走子は従つて複相である。この事実は後に彼女の師 Schussnig (1938) により確認され，種々の論議がされた。*Valonia* 属の生殖の際の細胞学的研究はその後なされていない。このような現象とほぼ似た生活環をとると考えられるものに *Cladophora glomerata* (List, 1930; Schussnig, 1928, 1938) が知られている。Iyengar (1951) はこれら複相の游走子による生殖について accessory reproduction の語を用いた。

さて *Valonia* 属において 4 鞭毛をもつ游走細胞は Kuckuck の観察のみであることから Egerod (1952) はそれに対して，恐らく配偶子の接合中のものを見誤つたのではなかろうかと疑いをもつた。又 Papenfuss (1953) は *Valonia* 属に関して "It would be of interest to know whether or not the genus actually shows asexual reproduction by zoospores" と疑問を抱いている。筆者は前報 (1953) で伊豆須崎のタマゴバロニアの胞子嚢内で游走子が形成される過程を特に注意して連続観察をした結果，游走子は作られた時において既に 4 鞭毛をとつており，決して 2 鞭毛の配偶子の接合中のものでないことを報告した。この事実はその後も数度に亘つて確認した。而も游走子は形，大きさ，行動等，先に Kuckuck が観察した地中海の *V. macrophysa* と全く似ている。Kuckuck に対する Egerod 等の推論は妥当でないと考える。

次に生活環について考察してみる。5 月下旬 –6 月上旬に配偶子形成があり，続いて游走子形成のあること。游走子から発芽した個体が翌年初夏に配偶子を形成，放出したこと，等から判断すると，伊豆須崎のタマゴバロニアは配偶子を作る個体と游走子を作る個体があるということになろう。両者は sterile の時には外観上区別がつかないものである。従つて外見上は同型 2 世代植物と考えることもできよう。このような生活環は所謂シオグサ型 **Cladophora-type** (Kylin, 1938) と呼ばれている。しかし前述の *V. utricularis* における Schechner-Fries の研究結果をこの場合にあてて考えてみると，複相の世代のみからなつている生活環，即ち 1 世代の複相植物ということになる。所謂ミル型 **Codium-type** (Kylin, 1938) である。つまり游走子は複相であり，それは単なる繁殖器官であつて，生活環と本質的に関係をもたないもの即ち Iyengar (1951) のいう accessory reproductive organ と呼ばれるべきものである。尚狭義の Siphonocladales における 4 鞭毛の游走子的游走細胞の観察はタマゴバロニアのほかに，*Boergesenia* (=*Pseudovalonia*) *forbesii* (Iyengar, 1938) 及びアオモグサ *Boddlea coacta* (千原，1955) で知られている。これらの細胞学的研究が痛感される。

処で地中海の *V. utricularis* は *Schecher-Fries* によると，実際の接合現象は観察されなかつたが，固定染色したプレパラートにおいて，同一胞嚢内で配偶子と思われるものの接合中の若い段階のものがあり，それらの 2 核は融合しつつあつたことから，雌雄同株であろうと考えられた。しかし上述の現象は，使用材料が室内で培養されたことから推定して，筆者が前述した異常游走細胞との関連も考えられなくはない。

**【附】** 先に筆者 (1958) は Siphonocladales (Cladophorales を含めて) のメンバーの初期発生様式を類型化して，関係を論じたが，このことと関連して，最近オオバロニア *V. ventricosa* J. Ag. の胞嚢内に形成される aplanospore の一種と考えられている球形細胞 (Murray, 1893；神田，1940) の発芽を観察する機会に恵まれた，材料は八丈島産のものを室内培養したもので，発育体 (Fig. 4) はアオモグサやキツネノオ等と本質的には同様で，基部に隔壁をもつ盤状根直立型である。

## 摘　要

1. 天然観察及び室内実験により伊豆須崎産タマゴバロニアの有性生殖と無性生殖が確認された。
2. 配偶子の形成は游走子のそれより常に 1—2 潮早い時期の大潮時が一般である。なお胞嚢内の配偶子形成様式は游走子の場合と全く似ている。
3. タマゴバロニアは雌雄異株，同型配偶で，接合子の発芽型式は游走子の場合と同じである。
4. 1957 年 6 月に胞子付けした游走子の発育体の 5 胞嚢は翌年 6 月に配偶子を形成，放出した。
5. 上述の幾つかの観察結果は，この植物の生活環について先に筆者 (1953) が推論した知見の訂正を必要とさせた。
6. タマゴバロニアの生活環は外見上 2 世代植物で，所謂シオグサ型のように考えられるが，*Valonia utricularis* における Schechner-Fries (1934) の細胞学的研究結果をタマゴバロニアにあてはめて考察すると，1 世代の複相植物（ミル型）ということになる。この場合游走子は単なる繁殖器官である。
7. バロニア属において，同一地域で両性の生殖現象が確認された報告は今回が最初である。
8. オオバロニアの胞嚢内に作られる球形の不動胞子の発芽体はタマゴバロニアの游走子や接合子のそれらと似ている。

終りに御指導と御校閲を賜わつた九大・瀬川宗吉博士に感謝申上げる。また教育大・伊藤洋，三輪知雄両教授に御礼申上げる。

## Résumé

The present paper dealing with the life-history of *Valonia macrophysa* Kütz., especially in regard to sexual reproduction, brings a partial revision upon the writer's previous inference (1953) that *V. macrophysa* growing in the water of Susaki near Shimoda seems to have again and again only asexual generation.

Maturation of the present alga is periodic, and gamete is formed and liberated usually only about twice during spring tides two- or four-weeks prior to the formation of zoospore which occurs during spring tides of each lunar month in June and July. Both of these formations appear to be correlated with either water temperature or hours of daylight.

The method of gamete-formation exhibits a good resemblance to that of zoospore in many respects: the chloroplaste, nuclei, pyrenoids, etc. unite with each other and are arranged to a network from which many gametes arise. The gamete is pear-shaped, with two flagella and one eye-spot, measuring up to 12.5–15.0 $\mu$ in length and 6.3–7.5 $\mu$ in breadth, it is far smaller than the zoospore which measures up to 16.0–21.0 $\times$ 9.6–12.8 $\mu$. It swims vividly showing tendency to the positive phototaxis. Upon mixing the gametes originating from male frond and from female one, isogametic union occurs forming a planozygote, which swims slowly showing negative phototactic responce.

The zygote germinates after the manner of the "discal erect type," identical in appearance with zoospore. In cluture experiment of 1957, five germlings originating from zoospores developed into mature fronds which produced and liberated gamethes in June of the next year. Judging from this result, the life-cycle of *V. macrophysa* appears to have two generations, gametophyte and sporophyte, both of which are, as in *Cladophora*-type (Kylin, 1938), similar in external feature. However, taking into consideration of Schechner-Fries' cytological studies that the meiosis takes place during gametogenesis in *V. utricularis*, the alga is monogenetic diplont, only gametophyte having the ability to produced an accessory diploid zoospore which is merely intended for the multiplication of the diploid frond. Thus, a further cytological investigation to determine where the meiosis takes place in the life history of *V. macrophysa* is to be desired.

Under unfavourable culture condition the present alga produces frequently many abnormal zooids within the vesicle. As such zooid has four, six, or more flagella and shows an instable movement, at first sight, the writer feels it to be a planozygote. By detailed microscopic examination, however, it can be concluded that this is attributable to failure of simultaneous successive partition of the protoplast during the formation of zooid.

## 引用文献

1) **Blinks, L. R.,** in **G. M. Smith,** Cryptogmic Botany **1** (1938). 2) 千原光雄, 植研, **28** (1953). 3) ——, l. c. **30** (1955). 4) ——, l. c. **33** (1958). 5) **Drew, K. M.,** Biol. Reviews, **30** (1955). 6) **Egerod, L. E.,** Univ. Calif. Publ. Bot., **25** (1952). 7) **Famintzin, A.,** Bot. Zeitg., **18** (1860). 8) **Iyengar, M. O. P.,** Journ. Indian Bot. Soc., **17** (1938). 9) ——, Chlorophyta, in Manual of Phycology ed. by **G. M. Smith** (1951). 10) 神田千代一, 科学南洋, **3** (1940). 11) **Kuckuck, P.,** Bot. Zeitg., **65** (1907). 12) **Kylin, H.,** Arch. f. Protistenkd., **90** (1938). 13) **List, H.,** Arch. f. Protistenkd. **72** (1930). 14) **Murray, G.** Phycol. Mem., **2** (1893). 15) **Papenfuss, G.,** 7th Pacific Sci. Congr., **5** (1953). 16) **Schechner-Fries, M.,** Oesterr. Bot. Zeitschr., **83** (1934). 17) **Schussnig, B.,** Oesterr. Bot. Zeitschr., **81** (1932). 18) ——, Planta, **28** (1938).

---

□ Fuller, Harry J. & Oswald Tippo; **College Botany.** 改訂版 993 頁 (1955). Henry Holt and Comp. New York.

著者はイリノイ大学につとめ本書はいわば教科書。将来に植物学を勉強する人にも，また他にすすむため教養または基礎として学ぶものにも適するように考えられている。1949 年出版されたものを 1949 年改訂したもの，序文で本書の新らしいところは分類体系を従来の葉状植物，蘚苔植物，シダ植物，種子植物との大分けをとらず門に分けていることという。Fuller 氏は前から，植物教科書を書いているが Tippo 氏の協力を得てここでは相当くわしく植物各門についてのべ，その体系は Tippo 氏の体系 (Chronica Butanica **1**: 5, 203–206, 1940)（これは Lawrence 氏の本にもでている）をとつている。(1) 植物と植物学の性質 (40 頁), (2) 有花植物の構造，生理，生殖 (481 頁), (3) 植物界 (324 頁) (4) 植物の時と空間における分布 (90 頁), (5) 植物と人 (13 頁) 他，語意，索引よりなる。(2) には遺伝も入る。構造と生理とできるだけ一つとしている。(3) は植物分類学である (4) は進化や分布である。各章ごとに設門，勉強する参考書をあげている。（木村陽二郎）